

## High precision cutting cylindrical surfaces on workpieces of iron alloy

Publication number: DE4432514

Publication date: 1996-03-14

Inventor:

Applicant: THIELENHAUS ERNST KG (DE)

Classification:

- international: **B24B33/04**; C21D1/18; **B24B33/00**; C21D1/18; (IPC1-7): B23P9/00; B23P17/00

- european: B24B33/04

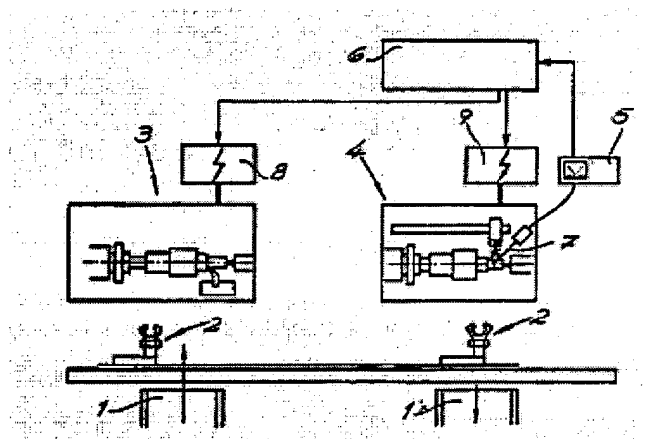
Application number: DE19944432514 19940913

Priority number(s): DE19944432514 19940913

Report a data error here

### Abstract of DE4432514

The machining procedure entails subjecting the workpiece to a hardening process before turning. The hardened workpiece is turned down by hardening turning to a turned down dimension with a dimensional tolerance larger than 10  $\mu\text{m}$  and with a surface roughness larger than  $R_z$  2  $\mu\text{m}$ . With turning down of the workpiece the dimensional tolerance refers to the enclosing circle of the surface roughness which also has a base circle.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide





19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 44 32 514 A 1**

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**B 23 P 9/00**  
B 23 P 17/00

21 Aktenzeichen: P 44 32 514.2  
22 Anmeldetag: 13. 9. 94  
43 Offenlegungstag: 14. 3. 98

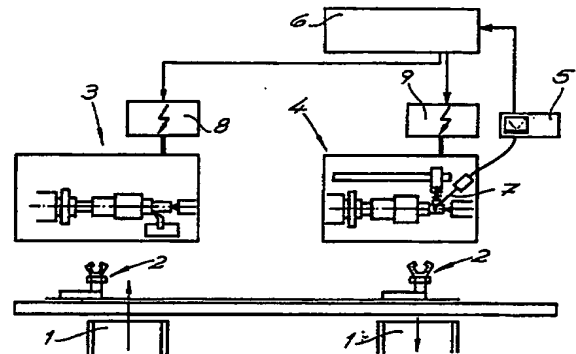
DE 44 32 514 A 1

71 Anmelder:  
Ernst Thielenhaus KG, 42285 Wuppertal, DE  
74 Vertreter:  
Andrejewski und Kollegen, 45127 Essen

72 Erfinder:  
Antrag auf Nichtnennung

54 Verfahren zum abtragenden, hochgenauen Bearbeiten von zylindrischen Flächen an Werkstücken aus einer härtbaren Eisenlegierung

57 Verfahren zum abtragenden, hochgenauen Bearbeiten von zylindrischen Flächen an Werkstücken aus einer härtbaren Eisenlegierung, insbesondere aus härtbarem Stahl, durch Drehen und Schleifen. Das Werkstück wird vor dem Drehen der Härtingsbehandlung unterworfen. Das gehärtete Werkstück wird durch Hartdrehen auf das Abdrehungsmaß abgedreht. Beim Abdrehen des Werkstückes bezieht sich die Maßtoleranz auf den Hüllkreis der Oberflächenrauigkeit, die außerdem einen Grundkreis aufweist. Das abgedrehte Werkstück wird unmittelbar durch Honen auf die Endwerte in bezug auf Fertigmaß und Fertigrauhigkeit gebracht. Beim Honen wird die Weg/Zeit-Funktion der Abtragtiefe im Bereich zwischen Hüllkreis und Grundkreis sowie über den Grundkreis hinausgehend gemessen und aus diesen Messungen wird der Umschlagpunkt in der Weg/Zeit-Funktion ermittelt, hinter dem die Abtraggeschwindigkeit mit praktisch konstantem Wert ausläuft. Das Abdrehen wird über den Vorschub des Abdrehwerkzeuges so gesteuert, daß der Grundkreis der beim Abdrehen erzeugten Rauhtiefe mit möglichst geringem Abstand an den im Merkmal 1.5) definierten Umschlagpunkt anschließt.



DE 44 32 514 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum abtragen, hochgenauen Bearbeiten von zylindrischen Flächen an Werkstücken aus einer härtbaren Eisenlegierung, insbesondere aus härtbarem Stahl, durch Drehen und Schleifen. Das Verfahren ist insbesondere bestimmt für die industrielle Serienfertigung von solchen Werkstücken, die in Losen großer Stückzahl gleich anfallen. Dabei erfahren alle Werkstücke eines Loses die gleiche Bearbeitung, für die Endwerte in bezug auf Fertigmaß und Fertigrauhigkeit vorgegeben sind. Von Los zu Los können sich diese Endmaße unterscheiden. Die Bearbeitung der Werkstücke erfolgt in einer Bearbeitungslinie. Die Anlage weist die entsprechend gereihten Bearbeitungsstationen und Fördereinrichtungen für die Werkstücke auf.

Im Rahmen der aus der Praxis bekannten Maßnahmen, von denen die Erfindung ausgeht, wird ein ungehärteter Werkstückrohling im weichen, ungehärteten Zustand abgedreht und als abgedrehtes Werkstück gehärtet. Das gehärtete Werkstück wird in einer Schleifstation geschliffen. Der Schleifvorgang ist gleichsam ein Grobschleifen. Verläßt das Werkstück die Schleifstation, so liegen die Maßtoleranzen z. B. im Bereich von 10 bis 15  $\mu\text{m}$ , die Geometrietoleranzen im Bereich von 3 bis 10  $\mu\text{m}$ , die Oberflächenrauigkeit im Bereich von Rz 2 bis 10  $\mu\text{m}$ . Durch ein anschließendes Honen erreicht man die folgenden Endqualitätsparameter, nämlich Maßtoleranzen im Bereich von 1 bis 5  $\mu\text{m}$ , Geometrietoleranzen im Bereich von 0,5 bis 3  $\mu\text{m}$ , Oberflächenrauigkeit im Bereich von Rz 0,2 bis 0,6  $\mu\text{m}$ .

Die Anlage, die für die Durchführung der bekannten Maßnahmen eingerichtet ist, ist mit entsprechenden Bearbeitungsmaschinen ausgerüstet.

Die bekannten Maßnahmen haben sich bewährt. Sie sind jedoch zeitaufwendig und lassen ohne weiteres kurze Taktzeiten nicht zu. Zwischen den einzelnen Bearbeitungsmaschinen müssen häufig Puffer im fertigungstechnischen Sinne vorgesehen werden, weil die Bearbeitungsmaschinen mit unterschiedlichen Taktzeiten arbeiten. Die bekannten Maßnahmen verursachen daher hohe Fertigungskosten und sind in anlagentechnischer Hinsicht aufwendig. Die Leistung ist verbesserungsbedürftig.

Im Rahmen der Bearbeitung von Werkstücken, die zu bearbeitende kreiszylindrische Flächen nicht aufweisen und bei denen an die Genauigkeit weniger strenge Anforderungen gestellt werden, z. B. bei der Herstellung von Synchronkegeln an Getrieberädern, ist es bekannt, die Werkstücke zuerst zu härten, durch Hartdrehen mit einem Vorschub von 0,1 mm/Umdrehung und niedriger sowie mit einer Schnittgeschwindigkeit im Bereich von 60 bis 150 m/min abzdrehen. Im Anschluß daran erfolgt ein Honen zur Erzielung einer Oberflächenrauigkeit von bis zu Rz 1  $\mu\text{m}$ . Das Honen wird in der Praxis auch als Finishen oder Feinschleifen bezeichnet. Zum Begriff Hartdrehen wird auf die Literaturstelle "Werkstatt und Betrieb" (1994), Seiten 320 bis 322, verwiesen. Bei den insoweit bekannten Maßnahmen ist es nicht möglich, mit extrem hoher Genauigkeit die Entqualitätsparameter einzuhalten. Die Maßtoleranz kann beim Hartdrehen nicht sicher unter 10  $\mu\text{m}$  gebracht werden, da beim Hartdrehen eine In-Prozeß-Meßeinrichtung wegen der hohen Werkstückdrehzahl nicht eingesetzt werden kann. Die Rauhtiefe, die beim Drehen entsteht, ist stark abhängig vom Vorschub und damit von der Bearbeitungszeit. Rauhtiefen kleiner Rz 2  $\mu\text{m}$  lassen

sich durch Hartdrehen nicht mehr wirtschaftlich herstellen.

Der Erfindung liegt das technische Problem zugrunde, anzugeben, wie bei dem eingangs beschriebenen Verfahren auf einfache Weise und unter Verzicht auf eine klassische Schleifbearbeitung extrem hohe Qualitätsparameter erreicht werden können, und zwar mit hoher Leistung und kurzen Taktzeiten.

Zur Lösung dieses technischen Problems ist Gegenstand der Erfindung ein Verfahren zum abtragenden, hochgenauen Bearbeiten von zylindrischen Flächen an Werkstücken aus einer härtbaren Eisenlegierung, insbesondere aus härtbarem Stahl, durch Drehen und Schleifen, mit den folgenden Merkmalen:

1.1) das Werkstück wird vor dem Drehen der Härtingsbehandlung unterworfen,

1.2) das gehärtete Werkstück wird durch Hartdrehen mit einer Maßtoleranz von größer 10  $\mu\text{m}$  sowie mit einer Rauhtiefe von größer Rz 2  $\mu\text{m}$  auf das Abdrehungsmaß abgedreht,

1.3) beim Abdrehen des Werkstückes gemäß Merkmal 1.2) bezieht sich die Maßtoleranz auf den Hüllkreis der Oberflächenrauigkeit, die außerdem einen Grundkreis aufweist,

1.4) das abgedrehte Werkstück wird unmittelbar durch Honen auf die Endwerte in bezug auf Fertigmaß und Fertigrauhigkeit gebracht,

1.5) beim Honen wird die Weg/Zeit-Funktion der Abtragtiefe im Bereich zwischen Hüllkreis und Grundkreis sowie über den Grundkreis hinausgehend gemessen und aus diesen Messungen wird der Umschlagpunkt in der Weg/Zeit-Funktion ermittelt, hinter dem die Abtraggeschwindigkeit mit praktisch konstantem Wert ausläuft,

1.6) das Abdrehen wird über den Vorschub des Abdrehwerkzeuges so gesteuert, daß der Grundkreis der beim Abdrehen erzeugten Rauhtiefe mit möglichst geringem Abstand an den im Merkmal 1.5) definierten Umschlagpunkt anschließt,

wobei das Merkmal 1.4) und das Merkmal 1.5) mit einer In-Prozeß-Meßsteuereinrichtung durchgeführt werden, die einen Rechner aufweist, und wobei der Rechner das Abdrehen nach Maßgabe des Merkmals 1.6), unter Berücksichtigung der vorgegebenen Endwerte in bezug auf Fertigmaß und Fertigrauhigkeit, steuert. Im Rahmen der Erfindung wird man das gehärtete Werkstück durch Hartdrehen mit einem Vorschub im Bereich von größer als 0,1 mm/Umdrehung bis 0,3 mm/Umdrehung und einer Schnittgeschwindigkeit von 80 bis 150 m/min auf die vorgegebene Maßtoleranz abdrehen. Überraschenderweise sind hohe Genauigkeiten erreichbar, nämlich Maßtoleranzen bis unter 3  $\mu\text{m}$ , Geometrietoleranzen bis unter 0,5  $\mu\text{m}$  und Oberflächenrauhtiefen bis unter Rz 0,1  $\mu\text{m}$ . — Im Rahmen der Erfindung ist der Schleifvorgang ein Feinschleifen, nämlich ein Honen.

Im einzelnen bestehen mehrere Möglichkeiten der weiteren Ausbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens. So kann beim Abdrehen eine Neuhärtebildung zugelassen und diese durch das Honen abgearbeitet werden. Nach bevorzugter Ausführungsform der Erfindung berücksichtigt der Rechner der Meßsteuereinrichtung die Dretoleranzen beim Hartdrehen. Um aus den Meßergebnissen den Umschlagpunkt abzuleiten, bestehen mehrere Möglichkeiten. Er kann an der der Weg/Zeit-Funktion entsprechenden Kurve als ein kleiner Knick abgelesen werden. Am einfachsten ist es, so vorzugehen,

daß der Rechner aus der beim Honen gemessenen Weg/Zeit-Funktion die zugeordnete Geschwindigkeitsfunktion differenziert, die den Umschlagpunkt (in der entsprechenden Kurve) als deutlichen Knickpunkt ausweist. Von besonderer Bedeutung ist die Anwendung des beschriebenen Verfahrens für die Herstellung von Werkstücken, insbesondere von Werkstücken für die Massenfertigung, von Kraftfahrzeugmotorbauteilen und Lagern, die bei kurzer Bearbeitungszeit eine Maßtoleranz von unter  $3\text{ }\mu\text{m}$ , eine Geometrietoleranz von unter  $0,5\text{ }\mu\text{m}$  und eine Oberflächenrauheit von unter  $0,1\text{ }\mu\text{m}$  aufweisen müssen.

Die Erfindung geht von der Erkenntnis aus, daß eine abtragende Bearbeitung an Werkstücken aus einer härtbaren Eisenlegierung, insbesondere aus härtbarem Stahl, hochgenau über die gesamte zu bearbeitende Oberfläche, unter Verzicht auf das bis heute übliche Schleifen in Form eines Grobschleifens in der Arbeitsfolge Weichdrehen-Härten-Schleifen-Honen, mit extremer Genauigkeit möglich ist. Das ist möglich, wenn die zu bearbeitende Oberfläche eine zylindrische Fläche ist, wenn das Drehen als Hartdrehen durchgeführt wird, das Härten also vorgezogen wird und wenn die Steuerung des Hartdrehens über den Vorschub in Abhängigkeit von dem Bearbeitungsergebnis insgesamt unter Einsatz einer rechnergestützten In-Prozeß-Meßsteuerung beim Honen erfolgt. Es versteht sich, daß diese In-Prozeß-Meßsteuerung auch die Honbearbeitung steuert. Dem Rechner werden die Endwerte in bezug auf Fertigmaß und Fertigrauheit, werkstückabhängig, vorgegeben. Die Erfindung erreicht sehr kurze Gesamtzeiten des Bearbeitungsvorganges für die einzelnen Werkstücke.

Ein Beispiel mag dieses erläutern: Verlangt ein Werkstück nach der Bearbeitung eine Endrauhtiefe von  $R_z 1\text{ }\mu\text{m}$  und führt man dazu die Drehbearbeitung so durch, daß die Rauhtiefe nach dem Drehen eine Rauhtiefe von fast  $R_z 2\text{ }\mu\text{m}$  aufweist, um danach durch Honen das Endmaß und die Endrauhtiefe von  $R_z 1\text{ }\mu\text{m}$  herzustellen, so ergibt sich eine Gesamtzeit der Bearbeitung von  $6,6\text{ min/Werkstück}$ . Arbeitet man demgegenüber bei einem gleichen Werkstück nach dem erfindungsgemäßen Verfahren mit einer Rauhtiefe nach dem Drehen von etwa  $6\text{ }\mu\text{m}$ , so kommt man zu einer Gesamtzeit der Bearbeitung von nur  $2\text{ min/Werkstück}$ . Die Zeitersparnis ist also beachtlich. Von besonderem Vorteil ist, daß die Honsteine sich mit der Bearbeitung jedes neuen Werkstückes durch dessen Drehrauhtiefe selbst stärken.

Im folgenden werden die Erfindung und die zur Erfindung gehörenden technologischen Zusammenhänge anhand einer Zeichnung ausführlicher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 das Schema einer Anlage zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 2 eine graphische Darstellung zur Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens anhand von Meßschritten,

Fig. 3 eine graphische Darstellung zur geometrischen Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Die Fig. 1 zeigt eine Anlage zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, der über ein Transportband 1 mit Ladegreifern und Endladegreifern 2 die zu bearbeitenden Werkstücke im gehärteten Zustand zugeführt werden. Die Härtestation wurde nicht gezeichnet. Man erkennt die Drehstation 3 und die Honstation 4. In der Drehstation 3 erfolgt das Hartdrehen der Werkstücke, wie es den beschriebenen Merkmalen 1.2) und 1.3) entspricht. Danach erfolgt wie beschrieben das Honen in der Honstation 4 nach Maßgabe der Merkmale 1.4) und 1.5). Im übrigen erkennt man eine In-Prozeß-

Meßsteuereinrichtung 5 mit Rechner 6 und Meßwertabnahme beim Honen über einen geeigneten Meßtaster 7. Die Meßwerte werden dem Rechner 6 zugeführt, der wie beschrieben arbeitet und über die Maschinensteuereinrichtungen 8 und 9 die Drehbearbeitung bzw. die Honbearbeitung steuert.

Die Fig. 2 zeigt eine obere und eine untere graphische Darstellung, welche die Honbearbeitung erläutern. Auf der Abszissenachse der beiden graphischen Darstellungen ist die Zeit  $t$  eingetragen.

Auf der Ordinatenachse der oberen graphischen Darstellung in Fig. 2 ist die Abtragtiefe  $AT$  dargestellt. Man erkennt in der oberen graphischen Darstellung als Kurve die Weg/Zeit-Funktion 10 der Abtragtiefe. Die Weg/Zeit-Funktion fällt zunächst im Teilstück 11 in der Zeitspanne  $t_2-t_1$  steil ab und geht dann über einen Bogen 12 in der Zeitspanne  $t_3-t_2$  in eine Gerade 13 über. Diese erreicht in der Zeitspanne  $t_5-t_4$  das genaue Fertigmaß  $AT_0$ . Durch Honen wurde nach Erreichen der Zeit  $t_3$  das Maß  $AT$  abgetragen. Die vorgegebene Fertigrauheit war jedoch bereits bei  $t_4$  erreicht. Die Honbearbeitung mußte über  $t_4$  hinaus bis zur Zeit  $t_5$  fortgesetzt werden, um das Werkstück auf das vorgegebene Fertigmaß zu bringen.

Auf der Ordinatenachse der unteren graphischen Darstellung der Fig. 2 ist die Abtraggeschwindigkeit  $AV$  für die zu der oberen graphischen Darstellung erläuterte Weg/Zeit-Funktion 10 als Geschwindigkeit/Zeit-Funktion 14 als Kurve dargestellt. Sie wurde z. B. durch Differenzieren der Weg/Zeit-Funktion 10 mit Hilfe des Rechners gebildet. Man erkennt zu Beginn der Honbearbeitung in der Zeitspanne  $t_2-t_1$  einen Kurvenabschnitt 15 mit kleiner Abtraggeschwindigkeit, in der Zeitspanne  $t_3-t_2$ , entsprechend dem Bogen 12 in der oberen graphischen Darstellung, einen Kurvenabschnitt 16 mit hoher Abtraggeschwindigkeit und anschließend, entsprechend der abfallenden Geraden 13 der oberen graphischen Darstellung, die waagerechte Gerade 17, die eine konstante Abtraggeschwindigkeit bedeutet.

Es wurde bereits im Zusammenhang mit der oberen graphischen Darstellung erwähnt, daß bei  $t_4$  die Fertigrauheit des Werkstückes bereits erreicht war. Das wird erfindungsgemäß ausgenutzt, weil das Abdrehen über den Vorschub des Abdrehwerkzeuges so gesteuert wird, daß der Grundkreis der beim Abdrehen erzeugten Rauhtiefe mit möglichst geringem Abstand an den in Merkmal 1.5) definierten Umschlagpunkt anschließt, der in Fig. 2 mit dem Bezugszeichen 18 versehen wurde. Im Beispiel ist so durch Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens die Zeitspanne  $t_3-t_4$  für die Bearbeitung des der graphischen Darstellung zugrundeliegenden Werkstückes eingespart worden.

Im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens lassen sich die in der vorstehenden Erläuterung nicht behandelten Toleranzprobleme berücksichtigen. Dazu wird auf die Fig. 3 verwiesen. Die Fig. 3 zeigt einen Axialschnitt durch ein kreiszylindrisches Werkstück 19 mit Achse 20 und makroskopisch vergrößerter Oberfläche 21. In der Fig. 3 bezeichnet  $D_D$  den Hüllkreisdurchmesser unter Berücksichtigung des Drehtoleranzbereiches und  $T_D$  diesen Toleranzbereich beim Drehen.  $R_z$  bezeichnet die Rauhtiefe beim Drehen.  $R_{z\text{ max}}$  bezeichnet die Rauhtiefe, die sich beim Drehen mit großem Vorschub einstellt.  $T_R$  gibt den Bereich der Rauhtiefetoleranz beim Drehen an. In der Fig. 3 bezeichnet  $D_F$  den Durchmesser nach der Honbearbeitung und  $T_F$  den Toleranzbereich beim Honen. Durch Schraffur wurde eine Neuhärtezone  $a$  dargestellt, die sich im Rahmen des

erfindungsgemäßen Verfahrens beim Hartdrehen einstellen kann, die jedoch nach dem erfindungsgemäßen Verfahren abgearbeitet wird, — und die Honbearbeitung wird so geführt, daß die Neuhärtezone abgearbeitet ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum abtragenden, hochgenauen Bearbeiten von zylindrischen Flächen an Werkstücken aus einer härtbaren Eisenlegierung, insbesondere aus härtbarem Stahl, durch Drehen und Schleifen, mit den folgenden Merkmalen:
  - 1.1) das Werkstück wird vor dem Drehen der Härtingsbehandlung unterworfen,
  - 1.2) das gehärtete Werkstück wird durch Hartdrehen mit einer Maßtoleranz von größer  $10\text{ }\mu\text{m}$  sowie mit einer Rauhtiefe von größer  $R_z\text{ }2\text{ }\mu\text{m}$  auf das Abdrehungsmaß abgedreht,
  - 1.3) beim Abdrehen des Werkstückes gemäß Merkmal 1.2) bezieht sich die Maßtoleranz auf den Hüllkreis der Oberflächenrauigkeit, die außerdem einen Grundkreis aufweist,
  - 1.4) das abgedrehte Werkstück wird unmittelbar durch Honen auf die Endwerte in bezug auf Fertigmaß und Fertigrauigkeit gebracht,
  - 1.5) beim Honen wird die Weg/Zeit-Funktion der Abtragtiefe im Bereich zwischen Hüllkreis und Grundkreis sowie über den Grundkreis hinausgehend gemessen und aus diesen Messungen wird der Umschlagpunkt in der Weg/Zeit-Funktion ermittelt, hinter dem die Abtraggeschwindigkeit mit praktisch konstantem Wert ausläuft,
  - 1.6) das Abdrehen wird über den Vorschub des Abdrehwerkzeuges so gesteuert, daß der Grundkreis der beim Abdrehen erzeugten Rauhtiefe mit möglichst geringem Abstand an den im Merkmal 1.5) definierten Umschlagpunkt anschließt,
 wobei das Merkmal 1.4) und das Merkmal 1.5) mit einer In-Prozeß-Meßsteuereinrichtung durchgeführt werden, die einen Rechner aufweist, und wobei der Rechner das Abdrehen nach Maßgabe des Merkmals 1.6), unter Berücksichtigung der vorgegebenen Endwerte in bezug auf Fertigmaß und Fertigrauigkeit steuert.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei beim Abdrehen gemäß Merkmal 1.2) eine Neuhärtebildung zugelassen und diese durch das Honen abgearbeitet wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei der Rechner der Meßsteuereinrichtung die Drehtoleranz beim Hartdrehen berücksichtigt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Rechner aus der beim Honen gemessenen Weg/Zeit-Funktion die zugeordnete Geschwindigkeitsfunktion differenziert, die den Umschlagpunkt (in der entsprechenden Kurve) als Schnittpunkt aufweist.
5. Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4 für die Herstellung von Werkstücken, insbesondere für die Massenfertigung von Kraftfahrzeugmotor-Bauteilen und Lagern, die bei kurzer Bearbeitungszeit eine Maßtoleranz von unter  $3\text{ }\mu\text{m}$ , eine Geometrietoleranz von unter  $0,5\text{ }\mu\text{m}$  und eine Oberflächenrauigkeit  $R_z$  von unter  $0,1\text{ }\mu\text{m}$  aufweisen.

- Leerseite -

Fig. 1

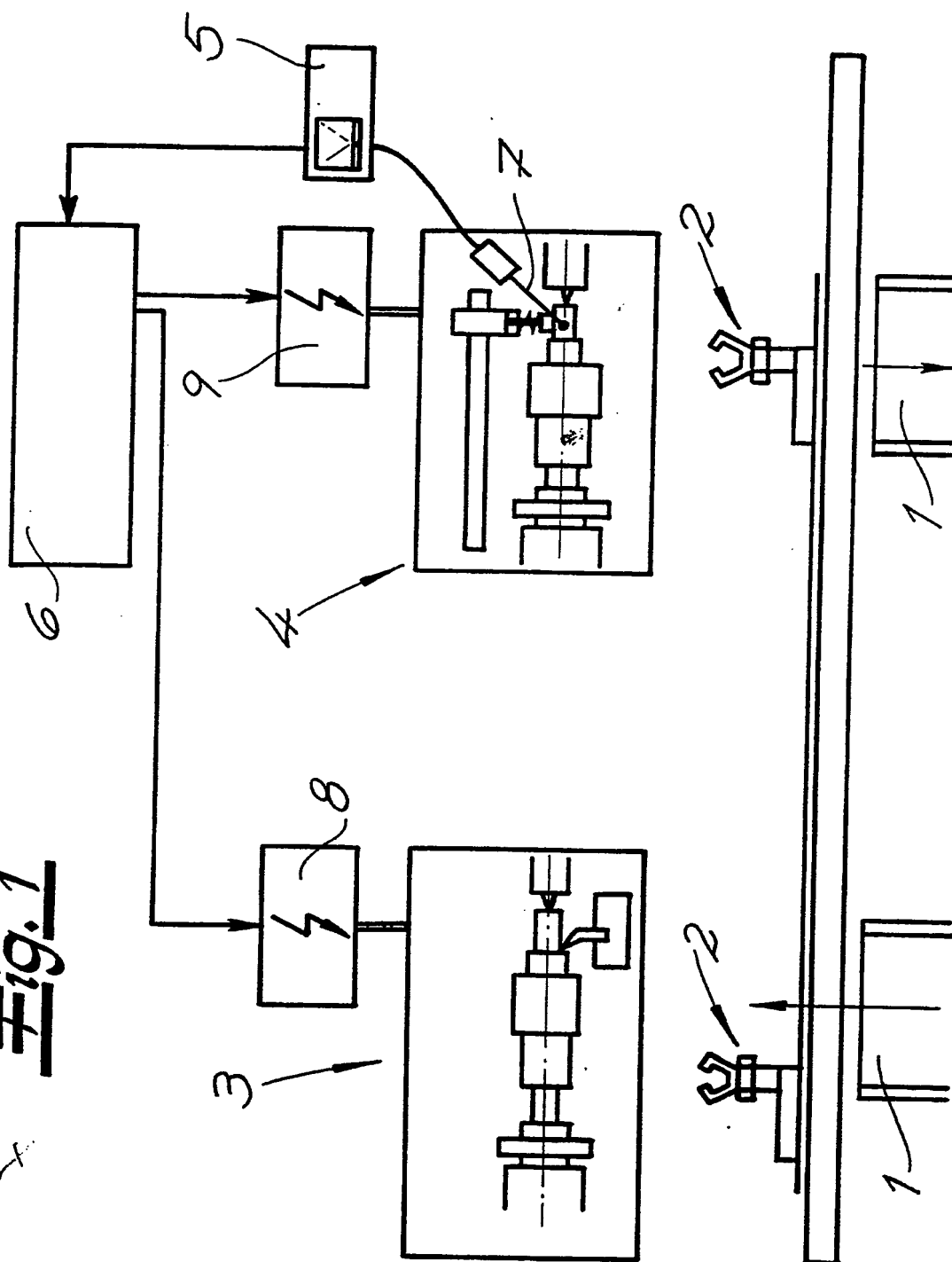




Fig. 2

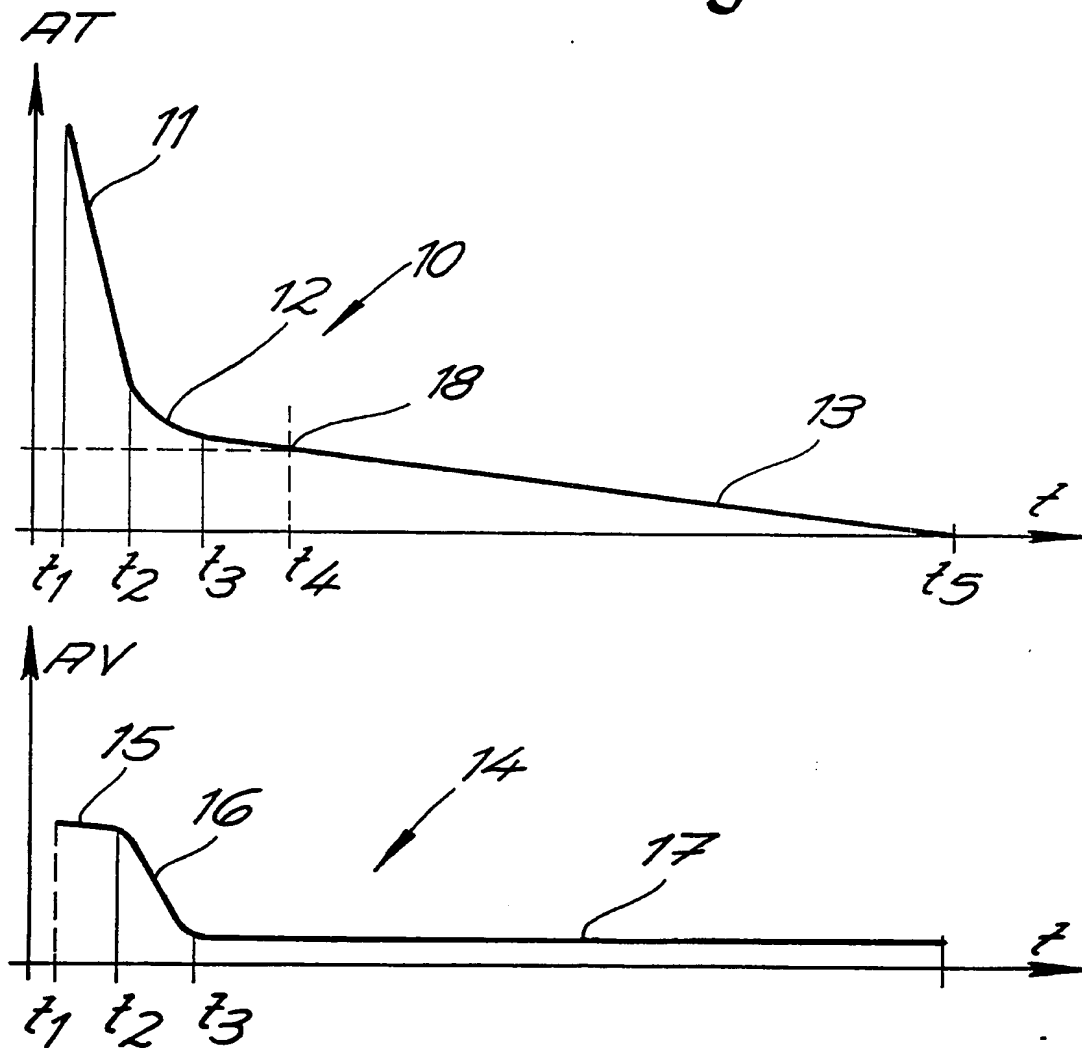


Fig. 3

